

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky



Tepelné čerpadlo země- voda  
Ground to Water Heat Pump

Student:  
Vedoucí bakalářské práce:  
Datum odevzdání:

Tomáš Míček  
doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.  
21.05.2012

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Míček**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí  
Téma: Tepelné čerpadlo země - voda  
Ground to Water Heat Pump

Zásady pro vypracování:

Proveďte návrh vytápění a přípravy teplé vody s tepelným čerpadlem (TČ) země - voda pro rodinný dům obývaný 3 osobami v Ostravě - Polance.

Práce bude obsahovat:

1. Rešerše zaměřená na typy tepelných čerpadel.
2. Stanovení tepelné ztráty domu a potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé vody.
3. Výběr vhodného tepelného čerpadla a jeho zapojení do otopného systému.
4. Odhad přínosu nasazení TČ z ekonomického a environmentálního hlediska.
5. Grafickou část - schéma systému, umístění a připojení tepelného čerpadla.

Seznam doporučené odborné literatury:

KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80–7078–445–8.

DVOŘÁK, Z.; KLAZAR, L.; PETRÁK, J. *Tepelná čerpadla*. Vyd. 1., Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. 339 s.


TURNER, W. C. *Energy Management Handbook*. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 400 s. ISBN 0–13–728098–X.

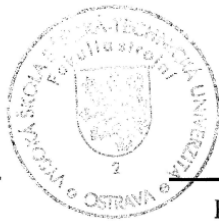
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

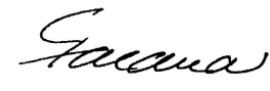
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

  
prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh  
vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl  
jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 20.5.2012 .....



.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
  - beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
  - souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
  - bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
  - bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 20.5.2012



.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Tomáš Míček

Adresa trvalého pobytu autora práce: U Dílen 3216/6, Ostrava – Martinov, 723 00

---

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

MÍČEK, T. *Tepelné čerpadlo země – voda: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2012, 36 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

Má bakalářská práce se věnuje návrhu tepelného čerpadla pro daný objekt, který je trvale obydlen třemi osobami, pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody. Druhá a třetí kapitola se zabývá historií a principy tepelných čerpadel. Ve čtvrté kapitole jsou uvedeny typy tepelných čerpadel, které jsou dále podrobněji rozebrány v podkapitolách. Tímto končí rešeršní práce a následující kapitoly jsou již výpočtové. Pátá a šestá kapitola se týká tepelných ztrát objektu a potřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody. V sedmé kapitole je navrženo tepelné čerpadlo spolu se zásobníkem vody. Osmá až desátá kapitola se věnuje spotřebě elektrické energie, ekonomickému a environmentálnímu zhodnocení.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

MÍČEK, T. *Heat pump earth – water: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2012, 36 p. Thesis head: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

My bachelor thesis is about designing of heat pump for object, which is permanently occupied by three people, for heating and preparing hot water for use. The second and third parts are about history and principle of heat pump. In the fourth part are types of heat pump. That's all about search work. In another parts are about counting.

The fifth and sixth parts are about heat loss of object and necessary heat. In seventh part is about designing of heat pump for specified object. The eighth and ninth are about energy, economic and environmental evaluation.

## **Obsah:**

|   |    |
|---|----|
| Seznam použitých značek a symbolů:.....                           | 1  |
| Seznam použitých zkratk:.....                                     | 3  |
| 1. Úvod.....  | 4  |
| 2. Historie tepelných čerpadel.....                               | 5  |
| 3. Princip TČ.....  | 6  |
| 4. Typy tepelných čerpadel .....                                  | 8  |
| 4.1. Tepelné čerpadlo Země- Voda.....                             | 8  |
| 4.1.1.TČ odběr tepla z plošného kolektoru .....                   | 8  |
| 4.1.2.TČ odběr tepla z vrtu .....                                 | 8  |
| 4.1.3.TČ odběr tepla z větracího vzduchu .....                    | 8  |
| 4.1.1. TČ odběr tepla z plošného kolektoru .....                  | 9  |
| 4.1.2. TČ odběr tepla z vrtu .....                                | 11 |
| 4.1.3. TČ odběr tepla z větracího vzduchu .....                   | 13 |
| 4.2. Tepelné čerpadlo vzduch- voda .....                          | 14 |
| 4.3. Tepelné čerpadlo voda- voda.....                             | 15 |
| 4.4. Tepelné čerpadlo vzduch- vzduch .....                        | 16 |
| 5. Stanovení tepelných ztrát objektu .....                        | 17 |
| 5.1. Popis daného rodinného domu .....                            | 17 |
| 5.2. Výpočet tepelné ztráty místnosti 103- pracovna 1.patro ..... | 18 |
| 5.2.1 Výpočet ztráty prostupem .....                              | 18 |
| 5.2.2. Výpočet ztráty větráním.....                               | 19 |
| 5.2.3. Přirážky .....   | 20 |
| 5.2.4. Celkové tepelné ztráty místnosti 103 .....                 | 20 |
| 5.3. Tabulka tepelných ztrát objektu.....                         | 20 |
| 5.4. Celková tepelná ztráta.....                                  | 21 |
| 6. Potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV .....                | 21 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 6.1.   | Potřeba tepla pro vytápění .....  | 21 |
| 6.1.1  | Roční potřeba tepla na vytápění budovy .....                                | 21 |
| 6.2.   | Potřeba tepla pro přípravu TUV .....  | 21 |
| 6.2.1. | Denní potřeba tepla pro přípravu TUV .....                                  | 22 |
| 6.2.2. | Roční potřeba tepla pro přípravu TUV .....                                  | 22 |
| 6.2.3. | Celková roční potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV .....               | 22 |
| 7.     | Návrh vhodného typu čerpadla .....  | 23 |
| 7.1.   | Výpočet tepelného výkonu TČ .....   | 23 |
| 7.2.   | Výběr vhodného TČ .....   | 23 |
| 7.2.1. | Vybavení tepelného čerpadla IVT Greenline HE E9 .....                       | 24 |
| 7.3.   | Návrh zásobníku teplé vody .....  | 25 |
| 7.4.   | Výpočet potřebné plochy pro plošný kolektor .....                           | 25 |
| 7.4.1. | Výpočet chladicího výkonu .....   | 25 |
| 7.4.2. | Potřebná plocha kolektoru .....   | 25 |
| 7.5.   | Připojení TČ do otopného systému .....                                      | 26 |
| 8.     | Spotřeba elektrické energie TČ .....  | 26 |
| 8.1.   | Spotřeba elektrické energie pro vytápění .....                              | 26 |
| 8.2.   | Spotřeba elektrické energie pro přípravu TUV .....                          | 27 |
| 8.2.1. | Letní období .....  | 27 |
| 8.2.2. | Topná sezona .....  | 28 |
| 8.3.   | Celková roční spotřeba elektřiny pro vytápění a přípravu TUV .....          | 28 |
| 9.     | Návratnost projektu .....   | 28 |
| 9.1.   | Cena elektřiny za roční provoz TČ s elektrickou energií pro domácnost ..... | 29 |
| 9.1.1. | Cena elektrické energie pro chod TČ .....                                   | 29 |
| 9.1.2. | Cena elektrické energie pro chod domácnosti .....                           | 29 |
| 9.2.   | Cena elektrické energie před instalací TČ .....                             | 29 |
| 9.3.   | Cena zemního plynu potřebného k vytápění a přípravu TUV .....               | 30 |

|                      |   |    |
|----------------------|---|----|
| 9.4.                 | Porovnání nákladů na vytápění a ohřev TUV .....                         | 30 |
| 9.5.                 | Investiční náklady .....  | 30 |
| 9.6.                 | Návratnost projektu .....   | 30 |
| 10.                  | Environmentální zhodnocení přínosu TČ pro vytápění a přípravu TUV ..... | 31 |
| 10.1.                | Příklad výpočtu emisí u TČ .....  | 32 |
| 10.2.                | Příklad výpočtu emisí u kotle na zemní plyn .....                       | 32 |
| 10.3.                | Porovnání emisí TČ a kotlem na zemní plyn .....                         | 33 |
| 11.                  | Závěr .....   | 34 |
| Seznam zdrojů: ..... |   | 35 |
| Seznam příloh: ..... |   | 36 |



## **Seznam použitých značek a symbolů:**

| <b>Symbol veličiny</b> | <b>Veličina</b>  | <b>Jednotka</b>                      |
|------------------------|--|--------------------------------------|
| B                      | charakteristické číslo budovy                                    | [Pa <sup>0,67</sup> ]                |
| H <sub>s</sub>         | objemové spalné teplo (H <sub>s</sub> =10,5 kWh/m <sup>3</sup> ) | [kWh/m <sup>3</sup> ]                |
| K                      | součinitel prostupu tepla stěnou                                 | [W.m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ] |
| M                      | charakteristické číslo místnosti                                 | [-]                                  |
| N                      | počet pracovních dní v roce                                      | [dny]                                |
| N <sub>D02d</sub>      | cena 1MWh v tarifu D02d  | [Kč]                                 |
| N <sub>j</sub>         | měsíční poplatek za jistič                                       | [Kč]                                 |
| N <sub>nízký</sub>     | cena 1MWh v nízkém tarifu  | [Kč]                                 |
| N <sub>v</sub>         | cena 1MWh ve vysokém tarifu                                      | [Kč]                                 |
| P <sub>1</sub>         | přirážka na vyrovnání vlivu chladných stran                      | [-]                                  |
| P <sub>1,C</sub>       | celková roční spotřeba el. Energie TČ                            | [GJ]                                 |
| P <sub>1,DOM</sub>     | spotřeba domácnosti nízkém a vysokém tarifu                      | [MWh]                                |
| P <sub>3</sub>         | přirážka na světovou stranu                                      | [-]                                  |
| Q <sub>c</sub>         | celková tepelná ztráta   | [W]                                  |
| Q <sub>o</sub>         | tepelná ztráta oknem   | [W]                                  |
| Q <sub>p</sub>         | tepelná ztráta přirážky  | [W]                                  |
| Q <sub>po</sub>        | tepelná ztráta podlahou  | [W]                                  |
| Q <sub>prostupem</sub> | tepelná ztráta prostupem   | [W]                                  |
| Q <sub>v</sub>         | tepelná ztráta větráním  | [W]                                  |
| Q <sub>z</sub>         | tepelná ztráta zdí   | [W]                                  |
| Q <sub>zp</sub>        | celkové dodané množství energie kotlem na zemní plyn             | [kWh]                                |
| S                      | plocha stěn  | [m <sup>2</sup> ]                    |
| V <sub>p</sub>         | celková roční spotřeba zemního plynu                             | [m <sup>3</sup> /rok]                |

|                 |   |                                    |
|-----------------|---|------------------------------------|
| $V_{3p}$        | celková potřeba teplé vody za den   | $[m^3/\text{den}]$                 |
| $C$             | měrná tepelná kapacita vody   | $[\text{kJ}/\text{kg.K}]$          |
| $D$             | počet dnů otopného období   | $[\text{dny}]$                     |
| $d_1$           | počet dnů v letním období   | $[\text{dny}]$                     |
| $f_1$           | koeficient vlivu nesoučasnosti výpočetních hodnot při $Q_c$                   | $[-]$                              |
| $i$             | součinitel provzdušnosti spár oken a dveří                                    | $[m^3.s^{-1}/m \text{ Pa}^{0,67}]$ |
| $k$             | přepočtový objemový koeficient, za normálních podmínek = 1                    | $[-]$                              |
| $l$             | délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří                       | $[m]$                              |
| $q_z$           | tepelný výkon získaný z $m^2$ zeminy  | $[\text{W}/m^2]$                   |
| $t_e$           | výpočtová teplota prostředí   | $[^\circ\text{C}]$                 |
| $t_s$           | průměrná venkovní teplota   | $[^\circ\text{C}]$                 |
| $t_{svz}$       | teplota studené vody v zimě   | $[^\circ\text{C}]$                 |
| $t_i$           | výpočtová vnitřní teplota   | $[^\circ\text{C}]$                 |
| $t_{is}$        | průměrná vnitřní teplota  | $[^\circ\text{C}]$                 |
| $t_2$           | teplota ohřáté vody   | $[^\circ\text{C}]$                 |
| $x$             | obsah síry v původním vzorku paliva   | $[\text{mg}/m^3]$                  |
| $z$             | Koeficient energetických ztrát systému pro přípravu TV, u novostaveb max. 0,5 | $[-]$                              |
| $\alpha$        | součinitel přestupu tepla na povrch stěny                                     | $[\text{W}.m^{-2}K^{-1}]$          |
| $\varepsilon_1$ | průměrný topný faktor TČ po dobu topné sezóny                                 | $[-]$                              |
| $\varepsilon_2$ | průměrný topný faktor TČ po dobu letní sezóny                                 | $[-]$                              |
| $\lambda$       | měrná tepelná vodivost  | $[\text{W}.m^{-1}K^{-1}]$          |

## **Seznam použitých zkratek:**

TČ – Tepelné čerpadlo

TUV – Teplá užitková voda

TV – Teplá voda

## **1. Úvod**

Tepelná čerpadla jsou jedním z alternativních zdrojů obnovitelné energie a v současné době jedním z nejvíce používaných zdrojů vytápění v ČR ale i v zahraničí. Populace touží po co nejlevnějším vytápění, levných energiích, dostatku tepla a maximální míře komfortu s bezstarostným provozem. V současnosti tyto kritéria splňuje jen málo zdrojů, jedním z nich je i tepelné čerpadlo.

V mé práci se budu zabývat typy tepelných čerpadel a mým cílem v projektu bude zvolit nejvýhodnější tepelné čerpadlo pro daný objekt. Následně zhodnotím ekonomické hledisko a hledisko environmentální při zapojení tepelného čerpadla do systému.

Tepelné čerpadlo budu navrhovat pro vytápění a přípravu teplé vody v objektu, který se nachází v Ostravě- Polance nad Odrou. Objekt je nepřetržitě obydlen 3 osobami.

Toto téma jsem si vybral z důvodu, že v daném objektu bydlí má přítelkyně a maximálně do 5 let by v daném objektu chtěli mít instalované tepelné čerpadlo. Díky této známosti mi poskytl veškeré potřebné informace a dokumenty s tím spojené.

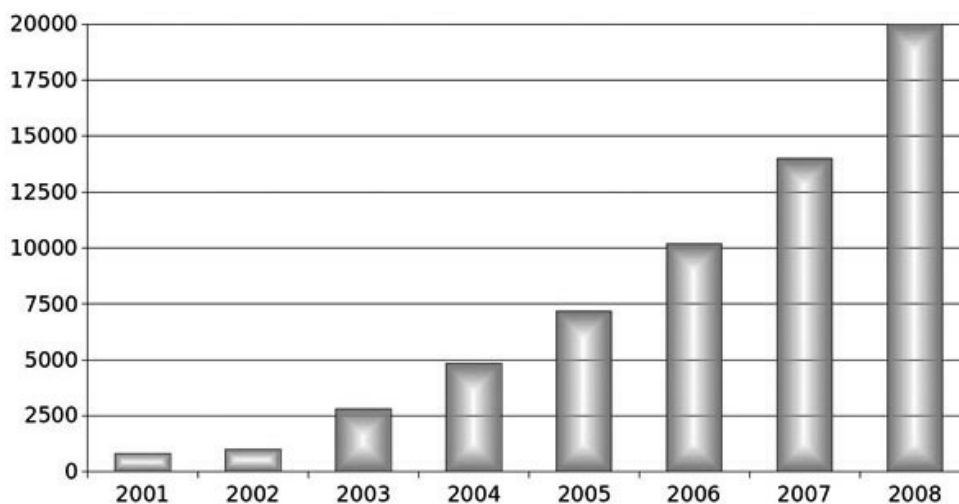
## 2. Historie tepelných čerpadel

Myšlenku tepelného čerpadla prvně pospal lord Kelvin (William Thomson) v roce 1852 a to tak, že „obráceně fungujícího tepelného motoru je možno použít nejen k chlazení, ale i k ohřívání“. K tomuto poznatku došel tím způsobem, že prováděl pokusy s hlubokým zmrazením a omylem sáhl na výstupní potrubí, o které se spálil. To lorda Kelvina přimělo k dalšímu využití tohoto odpadního tepla pro ohřev teplé vody pomocí, jelikož toto teplo mu stále nadbývalo, vháněl ho do místnosti ventilátorem a tím daný objekt horkým vzduchem vytopil. Tuto myšlenku pak také zkusil aplikovat na čerpání tepla ze zemního kolektoru.

V průmyslu se použila až o 75 let později a to roku 1927 kdy T. Haldane použil tepelné čerpadlo s výkonem 1,4MW k vytápění budovy v Los Angeles.

První vlna tepelných čerpadel vznikla za 2. světové války. Například ve Švýcarsku, které bylo odkázáno na dovoz veškerých paliv, byl rozmach největší. Vytvořilo se několik zařízení například vytápění bazénu a zároveň ochlazování ledové plochy nebo zařízení pro vytápění radnice v Curychu. V ČR se tepelná čerpadla začala používat v poválečném období, kde byla také snaha uspořit palivo. Bylo vytvořeno několik tepelných čerpadel.

Druhá vlna rozmachu tepelných čerpadel nastala v období tzv. světové energetické krize. V roce 1981 bylo v Evropě asi 100 000 jednotek tepelných čerpadel, v Japonsku asi 500 000 a v USA kolem 3 miliónu jednotek. [1]



Obrázek č. 2.1. Vývoj počtu instalací tepelných čerpadel v ČR [2]

### 3. Princip TČ

Pracuje na principu obráceného Carnotova cyklu (obrázek č. 3), ve kterém se dějí 4 neustále opakující se děje.

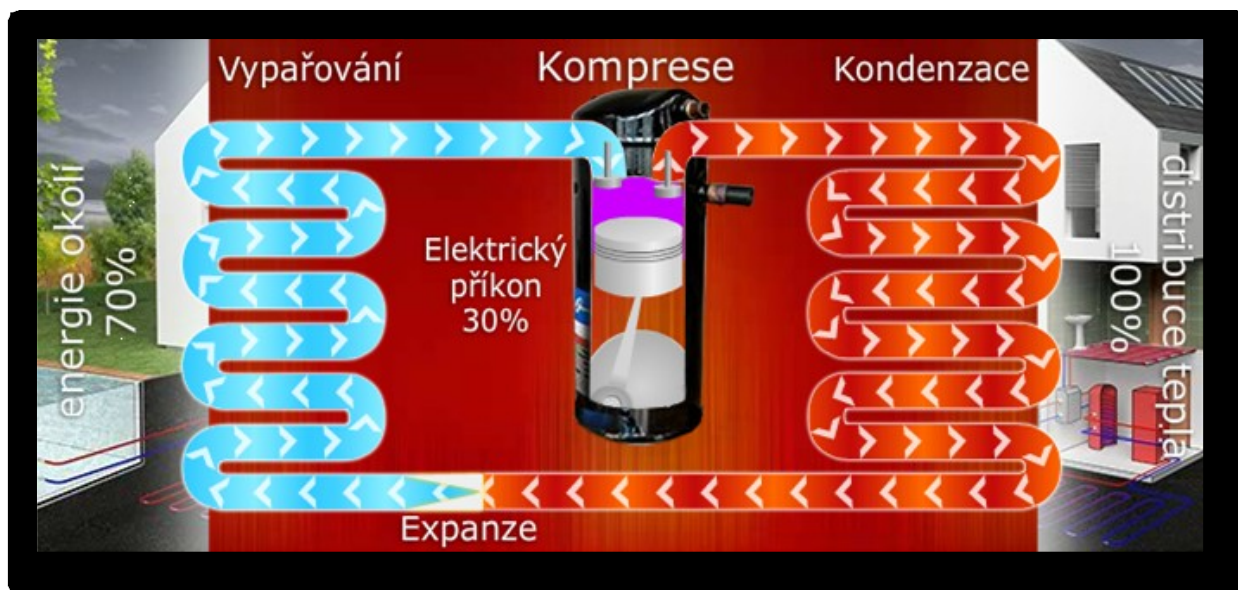
1) Vypařování: Od vzduchu, vody nebo země odebírá nízkopotenciální teplo chladivo, které koluje v tepelném čerpadle a tím se odpařuje (mění skupenství na plynné).

2) Komprese: Kompresor tepelného čerpadla prudce stlačí plynné chladivo, a díky fyzikálnímu principu komprese zvýší teplotu na cca. 80°C

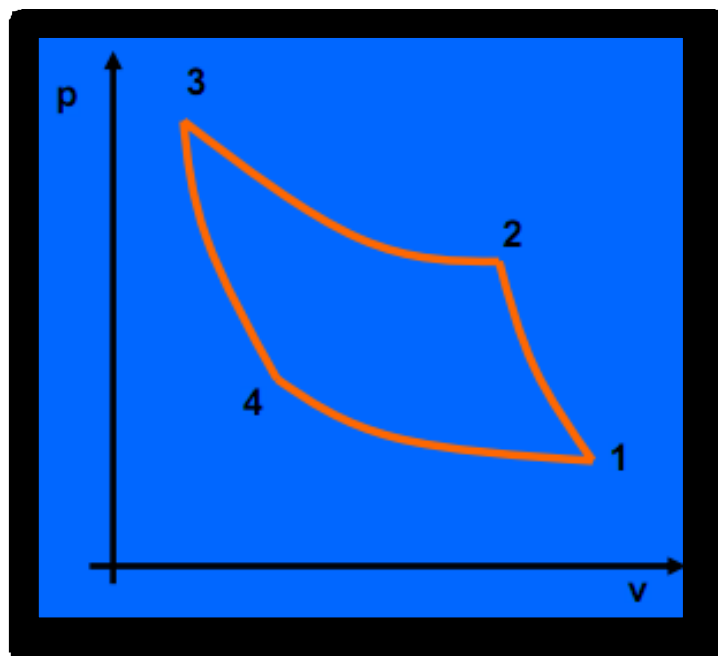
3) Kondenzace: Takto zahřáté chladivo pomocí druhého výměníku předá teplo vodě v radiátorech, ochladí se a zkondenzuje. Radiátory toto teplo vyzáří do místnosti. Ochlazená voda v topném okruhu pak putuje nazpět k druhému výměníku pro další ohřátí.

4) Expanze: Průchodem přes expanzní ventil putuje chladivo nazpátek k prvnímu výměníku, kde se opět ohřeje. [3]

Tyto děje se neustále opakují jako na obrázku č. 2



Obrázek č. 3.1. Princip tepelného čerpadla [3]



Obrázek č. 1.2. Obrácený Carnotuv cyklus [4]

U tepelných čerpadel se hlavně zajímáme o 2 veličiny a to o tepelný výkon a topný faktor.

### **Topný faktor:**

je základním parametrem ukazujícím účinnost tepelného čerpadla. Je to poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií.

$$\varepsilon = \frac{Q}{E} [-]$$

Topný faktor se u tepelných čerpadel pohybuje od 2 do 5. Čím vyšší topný faktor, tím je provoz zařízení levnější. Čím je nižší teplota topné vody, tím je topný faktor vyšší - proto je výhodnější podlahové topení, kterému stačí nižší teplota vody než radiátorům. [5]

### **Tepelný výkon a příkon:**

Dáno výrobcem udává se ve Wattech (kilowattech)

## **4. Typy tepelných čerpadel**

Tepelné čerpadla se označují dvojslovím podle **zdroje tepla / teplonosné medium.**

Zdroje tepla: země, vzduch, voda

Teplonosné médium: voda, vzduch

V současné době máme 4 typy tepelných čerpadel:

- Země- voda
- Vzduch- voda
- Voda- voda
- Vzduch- vzduch

### **4.1. Tepelné čerpadlo Země- Voda**

TČ Země/ Voda se dále dělí podle typu odebíraného tepla:

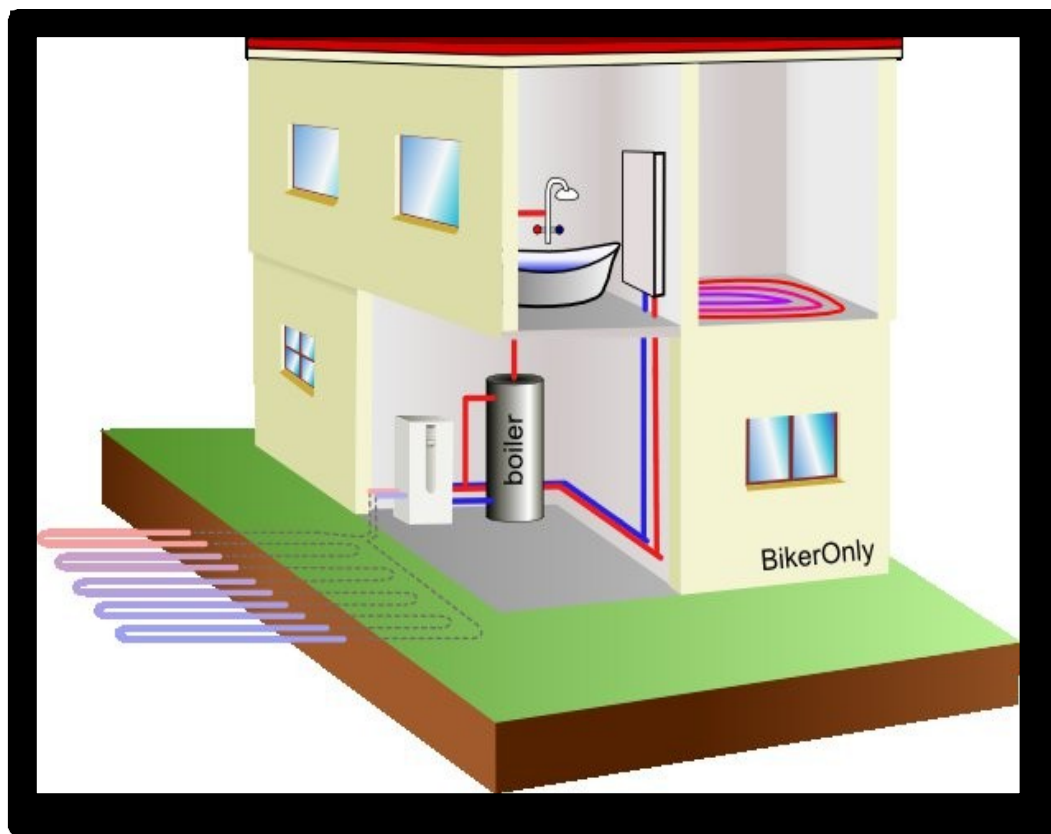
**4.1.1.TČ odběr tepla z plošného kolektoru**

**4.1.2.TČ odběr tepla z vrtu**

**4.1.3.TČ odběr tepla z větracího vzduchu**



#### 4.1.1. TČ odběr tepla z plošného kolektoru



Obrázek č. 2.1. Tepelné čerpadlo země- voda s plošným kolektorem [6]

Toto tepelné čerpadlo odebírá teplo ze zemních plošných kolektorů (plastové trubky) z hloubky 1,2m s roztečí 60-100cm, rozložení lze vidět na obrázku č. 5. V této hloubce celoroční teplota kolísá mezi +5 až +15 °C. Pod povrchem země jsou uloženy plastové hadice naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Plošný kolektor za rok odebere pro potřeby tepelného čerpadla jen asi 2,5 % z toho, co ze slunce během roku získá. Dobře provedený plošný kolektor se tedy nemůže ani v dlouhodobém horizontu energeticky vyčerpat, protože během léta vždy s bohatou rezervou regeneruje. V jarním a letním období je energie dodávaná ze slunce tak vysoká, že kolektor rychle regeneruje a tepelné čerpadlo současně může dodávat teplo pro ohřev teplé vody nebo třeba pro bazén. Výrobce potrubí garantuje, že plošný kolektor zhotovený tímto postupem a napuštěný nemrznoucí směsí, má pak životnost až 200let.

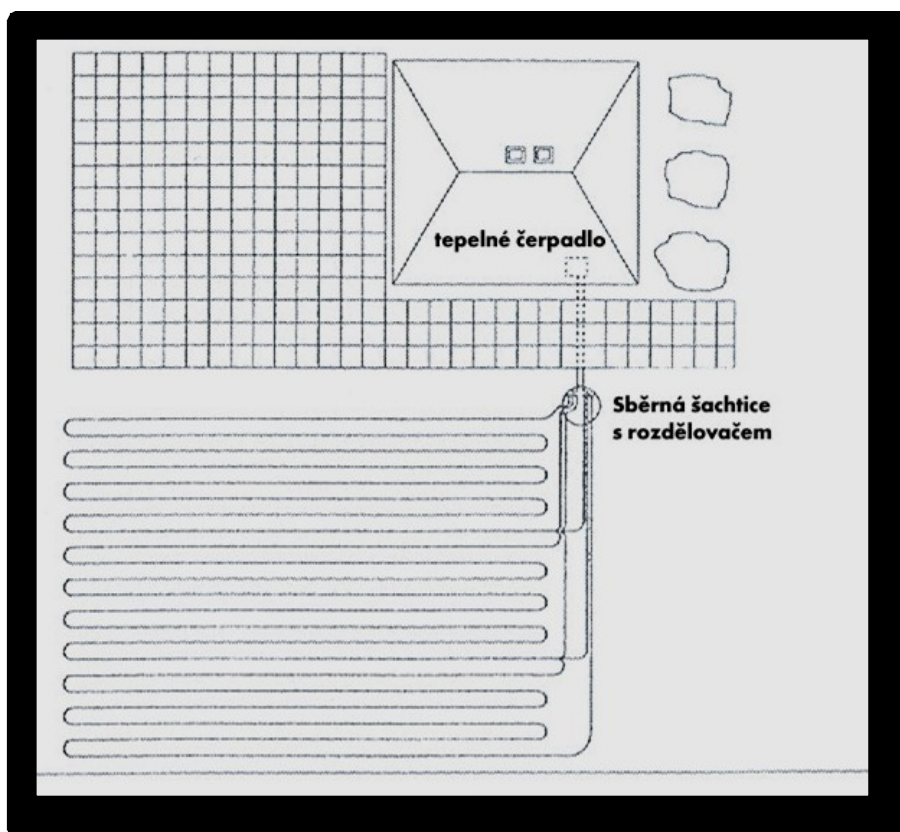
#### Klady tepelného čerpadla země- voda- plošný kolektor:

- Nízké investiční náklady
- Spotřeba elektřiny je přibližně o 30 % nižší, než u tepelných čerpadel odebírajících teplo ze vzduchu
- Rychlejší realizace než u vrtů
- Vysoká tepelná účinnost

#### Zápory tepelného čerpadla země- voda- plošný kolektor:

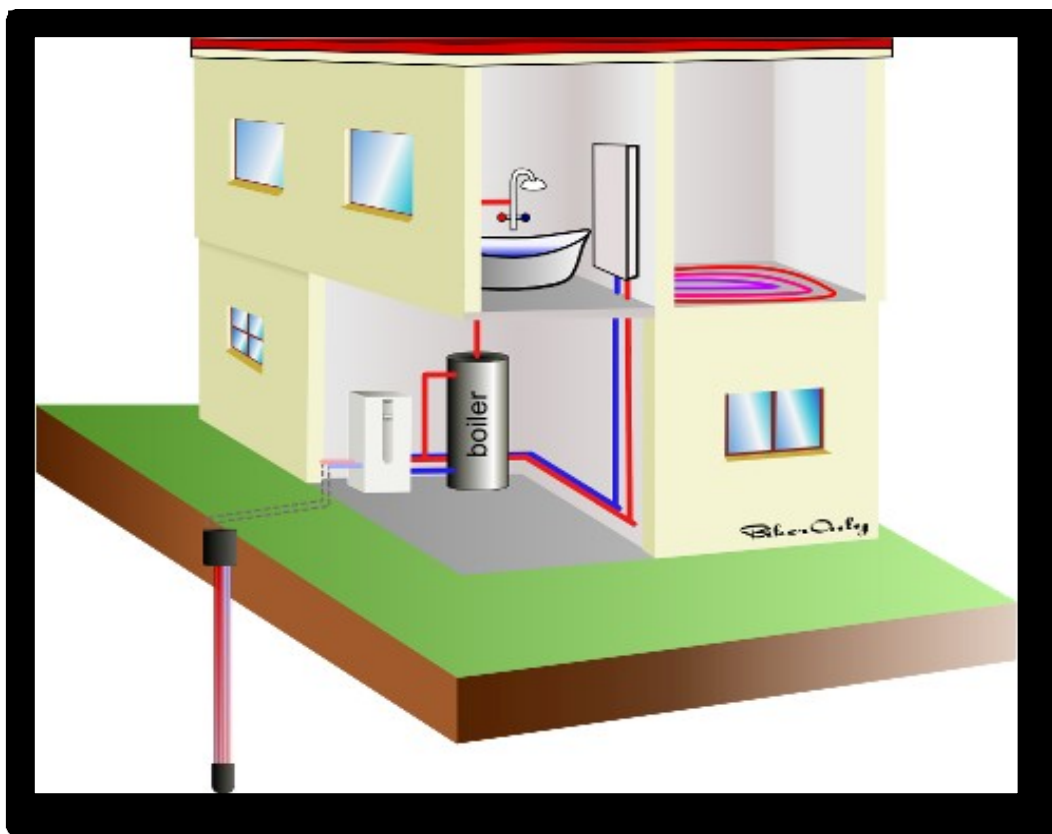
- Velký pozemek 200-400m<sup>2</sup> dle otopné plochy
- Na daném místě kde je umístěn kolektor se nesmí stavět
- Kvalitní zemina do dané hloubky

[6]



Obrázek č. 4.2. Schéma plošného kolektoru [9]

#### 4.1.2. TČ odběr tepla z vrtu



Obrázek č. 4.3. Tepelné čerpadlo země- voda s hlubinným vrtem [6]

Tepelná čerpadla s vrty se nejlépe hodí do oblastí s tvrdým podložím. Naopak v oblastech, kde se nachází do velké hloubky písky a štěrky, je vrtání obtížnější. U novostaveb, které mají jen velmi malý pozemek, lze vrty pro tepelné čerpadlo provést už před stavbou pod základovou deskou.

Tepelné čerpadlo odebírající teplo z hloubky pod povrchem zahrady. Ve vrtu o průměru 12 až 16 cm je uložena plastová sonda naplněná nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a tepelným čerpadlem. Podle potřeby se provádí jeden nebo více vrtů. Vrty se vrtají do hloubky 80 až 150 m, kde v této hloubce je celoroční teplota mezi +7 až +12 °C, ale také záleží na složení hornin a vydatnosti podzemní vody. Rozložení vrtů lze vidět na obrázku č. 6. Tepelná čerpadla s vrty mají nejnižší nároky na prostor uvnitř i vně domu.

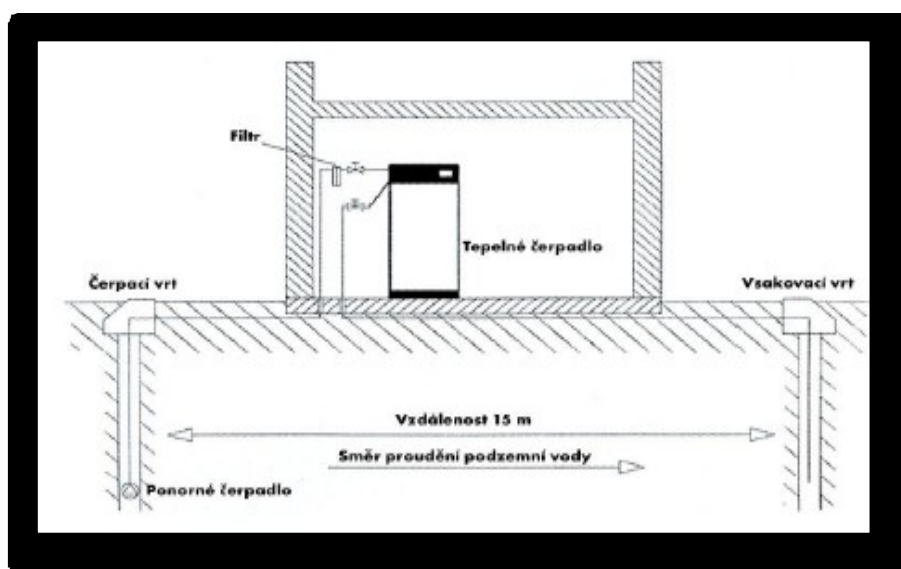
#### Klady tepelného čerpadla země- voda- hlubinný vrt:

- Vysoká roční topná účinnost
- Vyšší úspory za vytápění a ohřevu teplé užitkové vody než u systému vzduch/voda
- Vrt lze instalovat i pod základovou desku objektu
- Spotřeba elektřiny je přibližně o 30 % nižší, než u tepelných čerpadel odebírajících teplo ze vzduchu

#### Zápory tepelného čerpadla země- voda- hlubinný vrt:

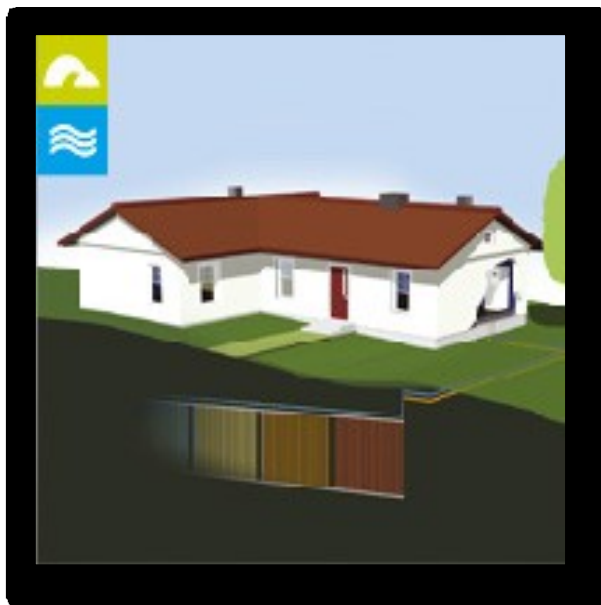
- Vyšší investiční náklady
- Nutný je hydrogeologický posudek a povolení Stavebního úřadu, Povodí, Životního prostředí aj.
- Větší pravděpodobnost vymražení vrtu než u plošného

[6]



Obrázek č. 4.4. Schéma rozložení hlubinných vrtů [9]

#### **4.1.3. TČ odběr tepla z větracího vzduchu**



**Obrázek č. 4.5. Tepelné čerpadlo země- voda - větrací vzduch**

Toto tepelné čerpadlo využívá odpadního tepla z domu, plošného kolektoru nebo vrtu. Když není potřeba vytápět nebo ohřívat teplou vodu, je nadbytečné teplo z větracího vzduchu uloženo do podzemního kolektoru. Díky tomu je teplota zemního kolektoru stále vysoká a tepelné čerpadlo pracuje celoročně s vysokým topným faktorem

Pro kombinovaný odběr tepla z odpadního vzduchu a zemního kolektoru lze použít specializovaná tepelná čerpadla, nebo použít standardní tepelné čerpadlo země/voda a doplnit ho o externí větrací jednotku s výměníkem.

##### **Klady tepelného čerpadla země- voda- větrací vzduch:**

- Při kombinaci s tepelným čerpadlem odebírajícího teplo ze zemních kolektorů výrazně levnější než u klasických systémů s rekuperačními výměníky.

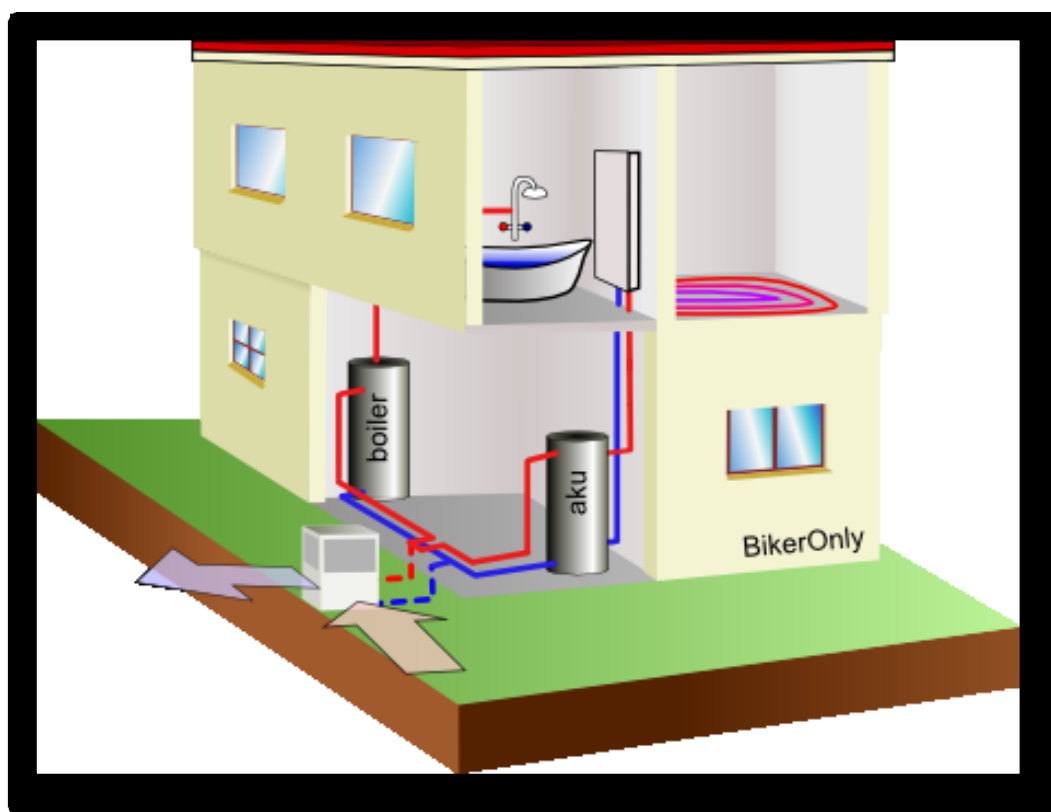
##### **Zápory tepelného čerpadla země- voda-větrací vzduch:**

Lze použít pouze pro nízkoenergetické domy

[7]

-

## 4.2. Tepelné čerpadlo vzduch- voda



Obrázek č. 4.6. Tepelné čerpadlo vzduch- voda [6]

Tepelné čerpadlo vzduch/voda, odebírá teplo z venkovního vzduchu. Vzduch je nasáván přímo do tepelného čerpadla a získané teplo je použito pro ohřev vody v topném systému nebo v zásobníku teplé vody.

### Klady tepelného čerpadla vzduch- voda:

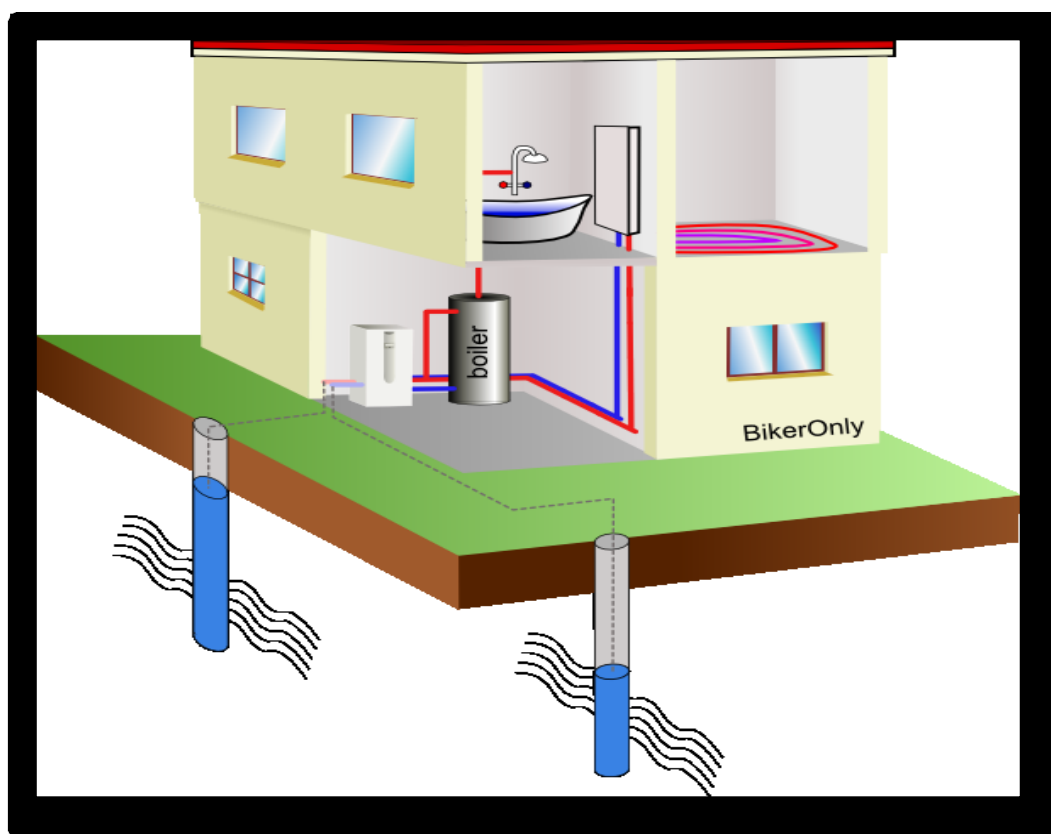
- TČ vzduch/voda mají nízké provozní náklady v porovnání s elektrickým nebo plynovým topením
- Systémy vzduch/voda se instalují jednoduše a rychle, s minimálními nároky na prostor
- Tepelná čerpadla vzduch/voda mají nižší investiční náklady než TČ s vrtvy
- Systém vzduch/voda je velmi vhodný pro vytápění sezonních bazénů

### Zápory tepelného čerpadla vzduch- voda:

- Tepelná čerpadla vzduch/voda mají vyšší provozní náklady než systémy země/voda při nízkých venkovních teplotách, kdy se topný faktor značně snižuje.
- Při nízkých venkovních teplotách je snížený výkon a výstupní teplota topné vody.
- Kratší životnost, důvodem je větší namáhání kompresoru.

[7]

### 4.3. Tepelné čerpadlo voda- voda



Obrázek č. 4.7. Tepelné čerpadlo voda- voda [6]

Toto tepelné čerpadlo odebírá teplo ze spodní nebo z geotermální vody. Voda je obvykle čerpána ze studny do výměníku tepelného čerpadla a následně vrácena zpět do země. Tepelná čerpadla voda/voda lze využít i pro využití odpadního tepla v technologických procesech. TČ voda/voda je vhodné instalovat ve větších objektech, kde lze zajistit bezproblémový dozor a údržba celého systému. V rodinných domech je tepelné čerpadlo vhodné používat pouze v lokalitách, kde se v dostatečném množství vyskytuje snadno dostupná a kvalitní spodní voda.

#### Klady tepelného čerpadla voda- voda:

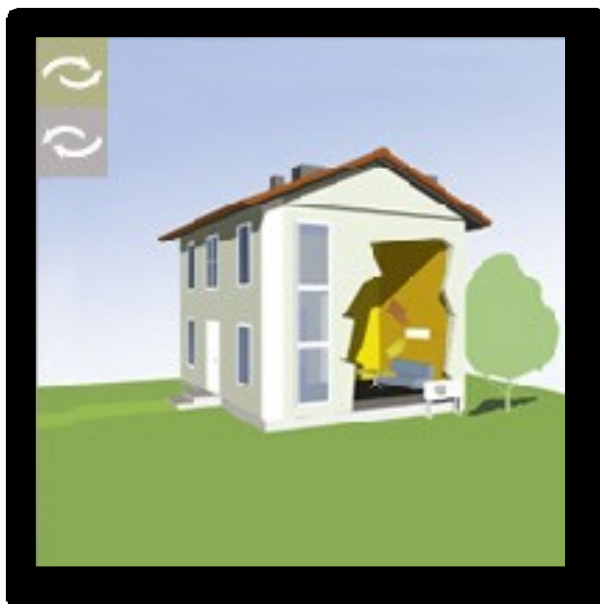
- Toto TČ má nejvyšší topný faktor
- Menší náklady než u TČ s vrtvy
- Využití místních energetických zdrojů, kdy tepelné čerpadlo dokáže využít energii z výrobních procesů, nebo využívá geotermální vodu

#### Zápory tepelného čerpadla voda- voda:

- Vyšší náklady na servis
- Potřeba pravidelné údržby
- Vhodné pouze pro lokality s dostatkem kvalitní podzemní vody

[7]

#### **4.4. Tepelné čerpadlo vzduch- vzduch**



**Obrázek č. 4.8. Tepelné čerpadlo vzduch- vzduch [7]**

Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch - jako zdroj vytápění nutno brát s rezervou, tyto systémy jsou většinou konstruovány jako klimatizace, která v zimě může pracovat obráceně, tedy jako tepelné čerpadlo. U TČ je vzduch nasáván do venkovní jednotky, kde je z něj získáno teplo a to je následně použito pro ohřev vzduchu uvnitř vytápěné budovy. Pokud má tepelné čerpadlo jednu vnitřní jednotku, funguje jako krb. Vytápí jen jednu místnost, ale teplo se může přirozeně šířit po celém domě. Díky tomu, že toto tepelné čerpadlo ohřívá vzduch v místnosti přímo, bez prostřednictví topného systému, dosahuje výrazně lepších topných faktorů než klasická tepelná čerpadla vzduch/voda a země/voda. Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch je ideální pro doplnění domů a bytů vytápěných elektrickými přímotopy a také pro temperaci a vytápění garáží, dílen a zimních zahrad.



#### Klady tepelného čerpadla vzduch- vzduch:

- Rychlá instalace jednotky
- Nízké investice
- Kromě vytápění může fungovat i jako klimatizace
- Díky vestavěnému plasmaclusterovému filtru a ionizátoru vzduchu vyčistit vzduch uvnitř místnosti od alergenů, virů a dalších škodlivin.

#### Zápory tepelného čerpadla vzduch- vzduch:

- Pokud je pouze jedna jednotka vytápí jednu místnost
- Není vhodný do domů a bytů s větším počtem menších pokojů
- Nelze ohřívat vodu

[7]

## **5. Stanovení tepelných ztrát objektu**

Výpočet tepelných ztrát daného objektu provedu dle normy ČSN 06 0210. Podklad pro daný výpočet použiji z projektové dokumentace. Výpočet provedu pro jednu místnost, u dalších místností uvedu tepelné ztráty v tabulce č. 5.2.

### **5.1. Popis daného rodinného domu**

Rodinný dům byl postaven za účelem bydlení pro vícečlennou rodinu. Stavba je nepodsklepená s jedním nadzemním podlažím a podkrovím.

Konstrukčně byl projekt navržen ze smíšených stavebních konstrukcí. Vlastní stavba RD byla provedena klasickou zděnou technologií. Obvodové zdivo je navrženo z POROTHERMu tl. 450mm. Vnitřní nosné zdivo také z POROTHERMu tl. 300mm, vnitřní říčky rovněž z POROTHERMu tl. 100mm. Nad 1.NP jsou stropy POROTHERM – s keramickými vložkami a betonovou deskou. Nad 2. NP je dřevěný strop tvořený dřevěnými nosíky, střešní

krytina TONDACH. V podkroví je také dřevěný podhled, v určitých místech sádkokarton. Okna v celém objektu jsou EURO okna s izolačním dvojsklem.

Celkové rozměry RD jsou 14,4 x 15,95 m, výška objektu činí 7,15 m, rodinný dům má 2 užitná podlaží.

## 5.2. Výpočet tepelné ztráty místnosti 103- pracovna 1.patro

Z technické dokumentace daného objektu jsem zjistil prostupy tepla materiály, které jsou v daném objektu použity. Tyto hodnoty potřebné k výpočtu tepelných ztrát objektu jsem uvedl v tabulce č. 1.

| Část domu                       | (W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Obvodová zeď 450mm              | 0,382                                 |
| Okna, dveře                     | 1,1                                   |
| Střecha                         | 0,178                                 |
| Podlaha                         | 0,303                                 |
| Strop nad nevytápěným prostorem | 0,303                                 |

Tabulka č. 5.1. součinitelé prostupu tepla K

### 5.2.1 Výpočet ztráty prostupem

Obecná rovnice

$$Q = K \cdot S \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (1)$$

Podlaha

$$Q_{po} = K_p \cdot S_p \cdot (t_i - t_e)$$

Z technické dokumentace jsem určil hodnoty  $S_p = 15,23\text{m}^2$ ,  $t_i = 20^\circ\text{C}$ ,  $t_e = -4^\circ\text{C} \rightarrow$

$$Q_{po} = 0,303 \cdot 15,23 \cdot (20 - (-4))$$

$$Q_{po} = 110,8 \text{ W}$$

### Okno

$$Q_o = K_o \cdot S_o \cdot (t_i - t_e)$$

Z technické dokumentace jsem zjistil hodnoty  $S_o = 1,9 \text{ m}^2$ ,  $t_i = 20^\circ \text{C}$ ,  $t_e = -15^\circ \text{C} \rightarrow$

$$Q_o = 1,1 \cdot 1,9 \cdot (20 - (-15))$$

$$Q_o = 73,15 \text{ W} \rightarrow \text{v místnosti 2 okna } \mathbf{Q_o = 146,3 W}$$

### Zed'

$$Q_z = K_z \cdot S_z \cdot (t_i - t_e)$$

Z technické dokumentace jsem zjistil hodnoty  $S_z = 22,2$ ,  $t_i = 20^\circ \text{C}$ ,  $t_e = -15^\circ \text{C} \rightarrow$

$$Q_z = 0,382 \cdot 22,2 \cdot (20 - (-15))$$

$$\mathbf{Q_z = 299,2 W}$$

### Celkem prostupem

$$Q_{\text{prostupem}} = Q_{po} + Q_o + Q_z \quad [\text{W}] \quad (2)$$

$$Q_{\text{prostupem}} = 110,8 + 146,3 + 299,2$$

$$\mathbf{Q_{prostupem} = 556,3 W}$$

### 5.2.2. Výpočet ztráty větráním

$$Q_v = 1300 \cdot \sum(i \cdot l) \cdot B \cdot M \cdot (t_i - t_e) \quad [\text{W}] \quad (3)$$

Z technické dokumentace jsem zjistil hodnoty  $l = 8,5 \text{ m}$ ,  $B = 8 \text{ Pa}^{0.67}$ ,  $M = 0,7$

$$Q_v = 1300 \cdot \sum(1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 8,5) \cdot 8 \cdot 0,7 \cdot (20 - (-15))$$

$$Q_v = 303,2 \text{ W} \rightarrow \text{v místnosti 2 okna } \mathbf{Q_v = 606,4 W}$$

### 5.2.3. Přirážky

$$Q_p = Q_{prostupem} \cdot (1 + P_1 + P_3) \quad [\text{W}] \quad (4)$$

$$Q_p = 556,3 \cdot (1 + 0,03 + 0,0)$$

$$Q_p = 573 \text{ W}$$

### 5.2.4. Celkové tepelné ztráty místnosti 103

$$Q_c = Q_p + Q_v \quad [\text{W}] \quad (5)$$

$$Q_c = 573 + 606,4$$

$$Q_c = 1180 \text{ W}$$

## 5.3. Tabulka tepelných ztrát objektu

$$B = 8 \text{ Pa}^{0,67} \quad t_e = -15^\circ \text{C}$$

| Podlaží  | číslo místnosti | Místnost               | $t_i$<br>°C | $P_1$<br>% | $P_2$<br>% | $P_3$<br>% | $Q_c$<br>W |
|----------|-----------------|------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| 1        | 101             | Zádveří                | 15          | 1          | 0          | -5         | 368        |
| 1        | 102             | Hala                   | 20          | 1          | 0          | -5         | 633        |
| 1        | 103             | Pracovna               | 20          | 3          | 0          | 0          | 1180       |
| 1        | 104             | Obývací pokoj, jídelna | 20          | 2          | 0          | 5          | 1695       |
| 1        | 105             | Kuchyň                 | 20          | 2          | 0          | 5          | 862        |
| 1        | 106             | Koupelna, WC           | 24          | 3          | 0          | 5          | 787        |
| 1        | 107             | Technická místnost     | 0           | 1          | 0          | 5          | 0          |
| 1        | 108             | Garáž                  | 0           | 6          | 0          | -5         | 0          |
| 2        | 201             | Hala                   | 20          | 1          | 0          | -5         | 758        |
| 2        | 202             | WC                     | 20          | 1          | 0          | 0          | 231        |
| 2        | 203             | Koupelna               | 24          | 1          | 0          | 10         | 1401       |
| 2        | 204             | Ložnice                | 20          | 1          | 0          | 5          | 1114       |
| 2        | 205             | Dětský pokoj           | 20          | 2          | 0          | 0          | 942        |
| 2        | 206             | Pokoj                  | 20          | 3          | 0          | -5         | 2062       |
| $\Sigma$ |                 |                        |             |            |            |            | 12033      |

Tabulka č. 5.2. celkové tepelné ztráty objektu

## 5.4. Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta objektu  $Q_c = 12 \text{ kW}$ , u místností 107, 108 jsem určil tepelnou ztrátu 0 W, jelikož majitel dané místnosti nevytápí.

## 6. Potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV

### 6.1. Potřeba tepla pro vytápění

Roční potřebou tepla pro vytápění budovy se rozumí potřeba tepla za období, které je nutno dodat do daného objektu, aby vyhovovalo dané vnitřní klima. Toto teplo se určuje výpočtem. Výpočet se provede pomocí vypočtených tepelných ztrát objektu dle normy ČSN 06 0210 a také jsou třeba zohlednit klimatické podmínky, provoz vytápění a druh vybrané topné soustavy.

#### 6.1.1 Roční potřeba tepla na vytápění budovy

$$Q_{VYT,r} = 24 \cdot Q_c \cdot f_1 \cdot 3,6 \cdot \frac{d \cdot (t_{is} - t_{es})}{t_{is} - t_e} \text{ [MJ]} \quad (6)$$

$$Q_{VYT,r} = 24 \cdot 12 \cdot 0,75 \cdot 3,6 \cdot \frac{239 \cdot (20 - 3,8)}{20 - (-15)}$$

$$Q_{VYT,r} = 86020 \text{ MJ}$$

$$Q_{VYT,r} \approx 23,9 \text{ MWh}$$

### 6.2. Potřeba tepla pro přípravu TUV

Denní potřeba tepla pro přípravu TUV je potřeba tepelné energie pro ohřev daného množství vody na danou teplotu. Do výpočtu zahrnu ztráty systému pro ohřev TUV.

### 6.2.1. Denní potřeba tepla pro přípravu TUV

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{3p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad [\text{kWh}] \quad (7)$$

$$Q_{TUV,d} = (1 + 0,2) \cdot \frac{1000 \cdot 4,186 \cdot 0,15 \cdot (60 - 10)}{3600}$$

$$Q_{TUV,d} = 10,5 \text{ kWh}$$

### 6.2.2. Roční potřeba tepla pro přípravu TUV

Roční potřeba vychází z denní potřeby tepla pro přípravu TUV, ve výpočtu zohledňují rozdílné teploty studené vody v průběhu roku.

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) \quad [\text{kWh}] \quad (8)$$

$$Q_{TUV,r} = 10,5 \cdot 239 + 0,8 \cdot 10,5 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot (365 - 239)$$

$$Q_{TUV,r} = 3375,5 \text{ kWh}$$

### 6.2.3. Celková roční potřeba tepla pro vytápění a přípravu TUV

Celková roční spotřeba je dána součtem roční potřeby tepla na vytápění a roční potřeby tepla pro přípravu TUV.

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} \quad [\text{MWh}] \quad (9)$$

$$Q_r = 23,9 + 3,38$$

$$Q_r = 27,3 \text{ MWh}$$

## **7. Návrh vhodného typu čerpadla**

Výpočet vhodného tepelné čerpadlo země – voda provedu pomocí vypočtného tepelného výkonu a pomocí požadavků majitele na velikost, hlučnost a topný faktor.

### **7.1. Výpočet tepelného výkonu TČ**

Tepelný výkon určím pomocí tepelné ztráty objektu a potřebné tepelné energie pro přípravu TUV za den.

$$Q_n = \frac{24 \cdot Q_c}{22} + \frac{Q_{TUV,d}}{22} \text{ [kW]} \quad (10)$$

$$Q_n = \frac{24 \cdot 12}{22} + \frac{10,5}{22}$$

$$Q_n = 13,6 \text{ kW}$$

### **7.2. Výběr vhodného TČ**

V dnešní době je na trhu velké množství tepelných čerpadel od různých firem. Tepelné čerpadlo jsem zvolil **IVT GREENLINE HE E9 – ZEMĚ- VODA**. Firmu IVT jsem zvolil díky mnoholetému fungování na trhu, díky kvalitě nabízených čerpadel a záruce 5 let na celé tepelné čerpadlo a možnosti dokoupení záruky 10 let na kompresor.

Tepelné čerpadlo **IVT GREENLINE HE E9** je navrženo pro vytápění rodinných domů s tepelnou ztrátou do 25 kW. Je vybaveno japonskými kompresory Scroll Mitsubishi Electric, které výrazně snižují spotřebu elektrické energie tepelného čerpadla. Díky oběhovým čerpadlům s řízenými otáčkami, dosahuje toto tepelné čerpadlo vysokého průměrného ročního topného faktoru. IVT Greenline HE dokáže ohřívat topnou vodu až na 65 °C a celoročně tak zajistí komfortní teplotu a dostatečné množství teplé vody v zásobníku i bez použití elektrokotle.

Díky vestavěné regulaci přizpůsobuje tepelné čerpadlo samo svůj chod venkovní teplotě a provoz je díky tomu plně automatický. [7]



Obrázek č. 7.1 Tepelné čerpadlo IVT Greenline HE E9 [7]

Cena tepelného čerpadla IVT Greenline HE E9 je **184 000 Kč**.

#### **7.2.1. Vybavení tepelného čerpadla IVT Greenline HE E9**

- Elektrický kotel o výkonu 3 nebo 6 kW (modely 6 až 11)
  - Trojcestný ventil pro ohřev teplé užitkové vody
  - Ekvitermní regulátor REGO 1000 s kaskádním řízením dvou tepelných čerpadel, možným připojením vnitřního čidla s dálkovým ovládáním, řízením ohřevu bazénu, solárního systému a pasivního chlazení. Možnost rozšíření regulátoru pro řízení až tří směřovaných okruhů
  - Elektronicky řízená oběhová čerpadla WILO primárního i sekundárního okruhu
  - Pružné hadice pro tlumení chvění tepelného čerpadla
  - Tlumící kryt kompresoru
  - Expanzní nádoba a pojistný ventil primárního okruhu, filtry pro primární i sekundární okruh (filterball), plnicí sestava
- [7]



### 7.3. Návrh zásobníku teplé vody

Zásobník teplé vody v daném objektu o objemu 70l je pro daný objekt a pro dané tepelné čerpadlo nevyhovující. Z toho důvodu volím zásobník, který doporučuje k TČ IVT Greenline HE E9 firma IVT a to zásobník typu **IVT D 200/90** vhodný pro tepelná čerpadla do výkonu 17kW . Zásobník má celkovou kapacitu 290 l, z toho kapacitu pro užitkovou vodu 200 l. Rozměr tohoto zásobníku 600 x 600 x 1520 mm. Cena zásobníku **34 000 Kč**.

### 7.4. Výpočet potřebné plochy pro plošný kolektor

Výpočet provedu na základě výpočtu chladícího výkonu, daný výsledek podělím tepelným výkonem získaným z m<sup>2</sup> zeminy  $q_z$ . V dané oblasti, kde se bude provádět uložení kolektoru, je vlhká ulehlá půda, z toho důvodu volím tepelný výkon zeminy  $q_z = 20 \text{ W/m}^2$ .

#### 7.4.1. Výpočet chladícího výkonu

$$Q_v = Q_K - Q_{Ko} \quad [\text{kW}] \quad (11)$$

$$Q_v = 8,2 - 2,5$$

$$Q_v = 5,7 \text{ kW}$$

#### 7.4.2. Potřebná plocha kolektoru

$$S = \frac{Q_v}{q_z} \quad [\text{m}^2] \quad (12)$$

$$S = \frac{5700}{20}$$

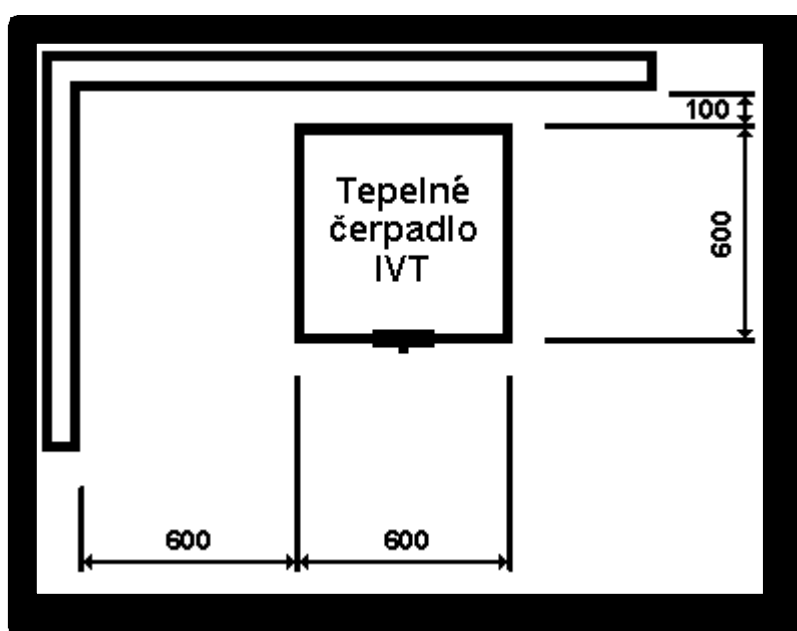
$$S = 285 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Volím plochu } S = 300 \text{ m}^2$$

Cenu výkopových prací zjistím pomocí nabídky dodavatele TČ. Nabídka činí 150-200 Kč/m<sup>2</sup>.

Kolektor bude stát v kolem **50 000 Kč**.

## 7.5. Připojení TČ do otopného systému

Tepelné čerpadlo bude připojeno k otopnému systému v technické místnosti, namísto stávajícího kondenzačního kotle na zemní plyn podle zásad umístění tepelného čerpadla, jak lze vidět na obrázku č. 13. Umístění v dané místnosti je výhodné, nejen z důvodu možnosti připojení TČ na stávající otopný systém, ale i z důvodu toho, že zadní zeď místnosti je nejbližší pozemku, kde bude umístěn zemní kolektor a z toho důvodu snadné vyvedení trubek.



Obrázek č. 7.2. umístění TČ v místnosti 107 [10]

## 8. Spotřeba elektrické energie TČ

### 8.1. Spotřeba elektrické energie pro vytápění

Spotřebu určím pomocí potřeby tepla pro vytápění a průměrného topného faktoru.

$$P_{1,VYT} = \frac{Q_{VYT,r}}{\varepsilon_1} [\text{m}^2] \quad (12)$$

$$P_{1,VYT} = \frac{23,9}{3,75}$$

$$P_{1,VYT} = 6,37 \text{ MWh}$$

## 8.2. Spotřeba elektrické energie pro přípravu TUV

Spotřebu vypočtu ve dvou krocích. V prvním pro období mimo topnou sezonu, v druhém v topném období.

### 8.2.1. Letní období

Výpočet provedu podle vzorce (7)

$$Q_{TUV,l} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{3p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \cdot d_1 \quad [\text{MWh}] \quad (13)$$

$$Q_{TUV,l} = (1 + 0,2) \cdot \frac{1000 \cdot 4,186 \cdot 0,15 \cdot (60 - 10)}{3600} \cdot 126$$

$$Q_{TUV,l} = 1,32 \text{ MWh}$$

Příkon v letním období

$$P_{1,TUV,l} = \frac{Q_{TUV,l}}{\varepsilon_2} [\text{MWh}] \quad (14)$$

$$P_{1,TUV,l} = \frac{1,32}{4,2}$$

$$P_{1,TUV,l} = 0,314 \text{ MWh}$$

### 8.2.2. Topná sezona

$$Q_{TUV,T} = Q_{TUV,r} - Q_{TUV,l} \text{ [MWh]} \quad (15)$$

$$Q_{TUV,T} = 3,38 - 1,32$$

$$Q_{TUV,T} = 2,06 \text{ MWh}$$

Příkon v topné sezóně

$$P_{1,TUV,T} = \frac{Q_{TUV,T}}{\varepsilon_2} \text{ [MWh]} \quad (16)$$

$$P_{1,TUV,T} = \frac{2,06}{3,3}$$

$$P_{1,TUV,T} = 0,62 \text{ MWh}$$

### 8.3. Celková roční spotřeba elektřiny pro vytápění a přípravu TUV

Roční spotřeba je dána součtem příkonů.

$$P_{1,C} = P_{1,VYT} + P_{1,TUV,l} + P_{1,TUV,T} \text{ [MWh]} \quad (17)$$

$$P_{1,C} = 6,37 + 0,314 + 0,62$$

$$P_{1,C} = 7,3 \text{ MWh}$$

## 9. Návratnost projektu

Pokud vlastním TČ, mohu využívat výhodné sazby elektrické energie. Tato sazba má název D56d, je dvoutarifová. Tuto sazbu lze použít pro tepelné čerpadla uvedená do provozu

od 1. dubna 2005, operativní řízení doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin. Cenu elektrické energie jsem určoval ze zdroje č. [8]

## **9.1. Cena elektřiny za roční provoz TČ s elektrickou energií pro domácnost**

### **9.1.1. Cena elektrické energie pro chod TČ**

$$N_{TČ} = P_{1,C} \cdot N_N + 12 \cdot N_J \text{ [Kč]} \quad (18)$$

$$N_{TČ} = 7,3 \cdot 2407,61 + 12 \cdot 460$$

$$N_{TČ} = \mathbf{23100 \text{ Kč}}$$

### **9.1.2. Cena elektrické energie pro chod domácnosti**

$$N_{D,SP,D56d} = P_{1,D,N} \cdot N_N + P_{1,D,V} \cdot N_V \text{ [Kč]} \quad (19)$$

$$N_{D,SP,D56d} = 3,78 \cdot 2407,61 + 0,13 \cdot 2910$$

$$N_{D,SP,D56d} = \mathbf{9471 \text{ Kč}}$$

## **9.2. Cena elektrické energie před instalací TČ**

Spotřeba elektrické energie před instalací tepelného čerpadla byla **3,905 MWh**, objekt tedy patří do jednotarifové zóny **D02d**.

$$N_{D,SP,D02d} = P_{1,D,SP} \cdot N_{D02d} + 12 \cdot N_J \text{ [Kč]} \quad (20)$$

$$N_{D,SP,D02d} = 3,905 \cdot 4830 + 12 \cdot 180$$

$$N_{D,SP,D02d} = \mathbf{21021 \text{ Kč}}$$

### **9.3. Cena zemního plynu potřebného k vytápění a přípravu TUV**

Náklady na roční spotřebu zemního plynu při používání stávajícího kondenzačního kotle BUDERUS GB 112-24- 24kW činí při spotřebě 2264,9 m<sup>3</sup>/rok **31943Kč/rok.**

### **9.4. Porovnání nákladů na vytápění a ohřev TUV**

Náklady na vytápění a ohřev TUV kondenzačním kotlem BUDERUS GB 112-24- 24kW činí **52964 Kč.**

Náklady na vytápění a ohřev TUV tepelným čerpadlem IVT Greenline HE E9 činí **32571 Kč**

Rozdíl mezi těmito typy vytápění je **20393 Kč**

### **9.5. Investiční náklady**

Investiční náklady pro TČ se skládají z pořizovací ceny tepelného čerpadla, nádrže na teplou vodu a ceny kolektoru + výkopové práce. Celkové investiční náklady činí **268000 Kč .**

### **9.6. Návratnost projektu**

$$N = \frac{\text{Investiční náklady}}{\text{Rozdíl ceny typu vytápění}} [\text{let}] \quad (20)$$

$$N = \frac{268000}{20393}$$

$$N = 13,2 \text{ let}$$

Pokud použijeme dotace z projektu Zelená úsporám, která činí 75000 Kč, návratnost projektu se nám výrazně sníží.

$$N = \frac{\text{Investiční náklady} - \text{dotace}}{\text{Rozdíl ceny typu vytápění}} [\text{let}] \quad (21)$$

$$N = \frac{268000 - 75000}{20393}$$

$$N = 9,5 \text{ let}$$

## **10.Environmentální zhodnocení přínosu TČ pro vytápění a přípravu TUV**

Pokud posuzujeme environmentální přínos TČ, musíme se řídit pokyny Fondu pro vyhodnocení návrhového opatření z hlediska ochrany životního prostředí.

Pro elektrickou energii:

| Typ zdroje emisí   | Tuhé látky | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | CO     | Organ. látky | CO <sub>2</sub> |
|--------------------|------------|-----------------|-----------------|--------|--------------|-----------------|
| Elektrická energie | 0,02591    | 0,489376        | 0,415698        | 0,0393 | 0,03086      | 325             |

Tabulka č. 10.1. Emisní faktory pro systémovou elektřinu [kg/GJ]

Pro zemní plyn: Součást vyhlášky 352/2002

| Druh paliva | Druh topeniště | Tepelný výkon kotle | Tuhé látky | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | CO  | Organické látky | Jednotka                                     |
|-------------|----------------|---------------------|------------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|--|
| Zemní plyn  | jakékoliv      | do 0,2MW            | 20         | 2.x             | 1600            | 320 | 64              | Kg/10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> sp. plynu |

Tabulka č. 10.2. Hodnoty emisních faktorů pro stanovení množství emisí výpočtem při spalování paliv

Při výpočtu CO<sub>2</sub>: vyhláška 425/2004

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Zemní plyn</b> | 200 kg CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnost paliva |
| <b>Elektrina</b>  | 1,17 t CO <sub>2</sub> /MWh elektriny         |

Tabulka č. 10.3. Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého

### 10.1. Příklad výpočtu emisí u TČ

Výpočet provedeme přepočtem tabulky 10.1., a to tím, že vynásobíme daný emisní faktor celkovou roční spotřebou elektrické energie TČ  $P_{1c}$  **7,3MWh** převedenou na **26,28 GJ/h**. Například výpočet provedu stanovení emisí SO<sub>2</sub>, další výpočty se provedou stejně podle vzorce (22).

Výpočet emisí SO<sub>2</sub>:

$$E_{SO_2} = SO_2 \cdot P_{1c} \text{ [kg/rok]} \quad (22)$$

$$E_{SO_2} = 0,489376 \cdot 26,28$$

$$E_{SO_2} = \mathbf{12,86 \text{ kg/rok}}$$

Další výsledky uvedu v tabulce č. 10.4.

### 10.2. Příklad výpočtu emisí u kotle na zemní plyn

U výpočtu vycházíme z tabulek 10.2. a 10.3. Výpočet provedu pro výpočet emisí SO<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>, další výpočty se provedou stejně podle vzorce (23)

Výpočet emisí SO<sub>2</sub>:

$$E_{SO_2} = 2 \cdot x \cdot V_p \cdot 10^{-6} \text{ [kg/rok]} \quad (23)$$

$$E_{SO_2} = 2 \cdot 0,2 \cdot 2264,9 \cdot 10^{-6}$$

$$E_{SO_2} = \mathbf{0,00091 \text{ kg/rok}}$$



### Výpočet emisí CO<sub>2</sub>:

Nejdříve vypočtu celkové dodané množství energie kotlem  $Q_{zp}$ .

$$Q_{zp} = V_p \cdot k \cdot H_s \text{ [kg]} \quad (23)$$

$$Q_{zp} = 2264,9 \cdot 1 \cdot 10,5$$

$$\mathbf{Q_{zp} = 23781 kWh}$$

Dále dosadím do vzorce.

$$E_{CO_2} = \frac{200 \cdot Q_{zp}}{1000} \text{ [kg/rok]} \quad (24)$$

$$E_{CO_2} = \frac{200 \cdot 23781}{1000}$$

$$\mathbf{E_{CO_2} = 4756,3 kg/rok}$$

### **10.3. Porovnání emisí TČ a kotlem na zemní plyn**

| Druh znečišťující látky | Tuhé látky [kg/rok] | SO <sub>2</sub> [kg/rok] | NO <sub>x</sub> [kg/rok] | CO [kg/rok] | Organické látky [kg/rok] | CO <sub>2</sub> [kg/rok] |
|-------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|
| TČ                      | 0,681               | 12,86                    | 10,93                    | 1,033       | 0,811                    | 8541                     |
| Kotel                   | 0,045               | 0,00091                  | 3,63                     | 0,725       | 0,145                    | 4756,3                   |

**Tabulka č. 10.4. Porovnání emisí mezi TČ a kotlem na zemní plyn**

Z tabulky 10.4. lze vidět, že emise při vytápění a přípravy TUV za pomoci plynu vycházejí výrazně menší než za pomoci tepelného čerpadla, a to díky tomu, že TČ využívá elektrickou energii, která se vyrábí v uhelných elektrárnách, kde tyto elektrárny produkují tyto emise.

## **11. Závěr**

V mém bakalářském projektu jsem se zabýval rešeršní prací o typech tepelných čerpadel pro vytápění rodinných domů. Nastínil jsem něco z historie i něco k principu fungování tepelných čerpadel. Mým hlavním cílem byl návrh vhodného typu tepelného čerpadla pro rodinný dům v Ostravě- Polance nad Odrou obýván 3 osobami, dále pak ekonomické a environmentální zhodnocení. Můj postup spočíval v tom, že jsem prvně vypočítal potřebu tepelné energie pro vytápění a přípravu TUV. Dopočítal jsem se výsledku **27,3MWh**. Pomocí tohoto výsledku jsem navrhl tepelné čerpadlo, které tento potřebný tepelný výkon pokryje. Tepelné čerpadlo jsem vybral od firmy IVT, a sice tepelné čerpadlo **IVT GREENLINE HE E9**. Výhodou tohoto typu tepelného čerpadla je, že už samotné TČ obsahuje elektrický kotel o výkonu 3 nebo 6kW, který se využije především v extrémním počasí. Dále jsem navrhl zásobník teplé vody rovněž od firmy IVT, a to **IVT D 200/90**, který by měl svým objemem stačit. Zdrojem tepla pro dané tepelné čerpadlo a daný objekt je země, teplo je jímáno pomocí horizontálního plošného kolektoru. Tepelné čerpadlo bude umístěno v technické místnosti namísto stávajícího kondenzačního kotle BUDERUS GB 112-24- 24kW, technická místnost o ploše 7,2m<sup>2</sup> bude dostačující. Celkové náklady na tento projekt činí 268000 Kč. Tato částka se majiteli vrátí, za přispění dotací Zelená úsporám, která je 75000 pro daný objekt, za **9,5 let**. V případě, že majitel danou dotaci nezíská, návratnost stoupne na 13,2 let. Z environmentálního hlediska je zřejmé, že TČ v České republice více zatěžuje životní prostředí, než kotel na zemní plyn. Důvodem je, že energetický mix v České republice produkuje více emisí při výrobě elektrické energie, která je nezbytná pro TČ. Tuto problematiku jsem nastínil v tabulce č. 10.4. Při vypracovávání projektu jsem se obohatil o nové informace týkajících se tepelných čerpadel. Daný projekt jsem si vybral nejen z hlediska teoretického ale i praktického, jelikož projekt, který jsem vypracoval, bude s velkou pravděpodobností uskutečněn.

## **Seznam zdrojů:**

- [1] DVOŘÁK, Zdeněk, Luděk KLAZAR a Jiří PETRÁK. *Tepelná čerpadla*. Praha: SNTL, 1987. ISBN 04-232-87.
- [2] Historie a vývoj tepelných čerpadel v ČR a EU - galerie (3/5). In: ASB [online]. 2009 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/historie-a-vyvoj-tepelnych-cerpadel-v-cr-a-eu/galeria/1651/11324>
- [3] Princip tepelných čerpadel: Jak fungují tepelná čerpadla. In: *MasterTherm: tepelná čerpadla* [online]. 2010 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.mastertherm.cz/princip-tepelneho-cerpadla#jak-funguji-cerpadla>
- [4] Obrácený Carnotův cyklus. In: *Hasicihustejweb* [online]. 2009 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: [http://www.hasicihustejnet.eu/data/TPO/2rocnik/sdileni\\_tepla/public/II\\_zakon.pdf](http://www.hasicihustejnet.eu/data/TPO/2rocnik/sdileni_tepla/public/II_zakon.pdf)
- [5] Základní pojmy: Topný faktor. In: *Abeceda tepelných čerpadel* [online]. 2009 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/?page=zakladni-pojmy>
- [6] *Tepelná čerpadla Kuchař*. 2008. Dostupné z: <http://www.tckuchar.cz/tepelna-cerpadla/zeme-voda/>
- [7] Švédská tepelná čerpadla. In: *IVT: Tepelná čerpadla* [online]. 2003 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda-plocha>
- [8] D Tepelné čerpadlo: Regulované platby za dopravu elektřiny. In: *Skupina ČEZ* [online]. 2011 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/pro-zakazniky/elektrina/ceny/domacnost/comfort/d-tepelne-cerpadlo.html>
- [9] *Tepelná čerpadla, typ země/voda - zemní kolektory*. 2012.
- [10] *Návrh tepelného čerpadla*. 2010.

## **Seznam příloh:**

Příloha č.1.: Technický list TČ IVT Greenline E9

Příloha č.2.: Schéma TČ

Příloha č.3.: CD s tímto obsahem: 1) Text bakalářské práce

2) Přílohy 1 a 2

IVT GREENLINE HE E – země/voda

- Vhodné do maximální tepelné ztráty 25 kW
- Vestavěný elektrokotel a ventil pro připojení externího zásobníku
- Elektronicky řízená oběhová čerpadla na teplé i studené straně
- Maximální teplota topné vody až 65°C



Vybavení vnitřní jednotky

- Instalační uvnitř
  - Kompresor Scroll Mitsubishi Electric.
  - Trisposobný ventil pro připojení externího zásobníku teplé vody.
  - Elektronický jednotaskový kotel o výkonnosti 3 nebo 6 kW (HE E9-HE E11), plynulé řídění kotel o výkonnosti 9 kW (HE E14-HE E17).
  - Elektronický regulátor PE(G) 1000 s lastickým řízením dvou tepelných čerpadel, možným připojením vnitřního čidla s dálkovým ovládním, řízením ohřevu bazénu, solárního systému a pasivního chlazení. Možnost rozšíření regulátoru pro řízení až tří smíšených okruhů.
  - Elektronický řízený oběhový čerpadla WLO primárního i sekundárního okruhu.
  - Pružné hadice pro tlumení chvění tepelného čerpadla.
  - Tlumič kvy, kompresoru.

V příslušenství (zahnuto v ceně)

- Expanzní nádrážka a pojistný ventil primárního okruhu, filtry pro primární i sekundární okruh (filterball), přísl. nastava.
- Ventilovni čidlo pro elektromní regulátor.

| TEPELNÉ ČERPADLO  |        | HE E6                         | HE E7     | HE E9     | HE E11    | HE E14  | HE E17    |
|---|--------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|
| Výkon při 0°C / 35 °C <sup>1</sup>                        | kW     | 5,5                           | 7,2       | 8,8       | 10,3      | 14,8    | 16,4      |
| Příkon  | kW     | 1,3                           | 1,7       | 2,1       | 2,3       | 3,4     | 4,0       |
| Topný faktor při 0 °C / 35 °C                             |        | 4,1                           | 4,2       | 4,2       | 4,4       | 4,3     | 4,1       |
| Výkon při 0°C / 45 °C <sup>2</sup>                        | kW     | 5,1                           | 6,6       | 8,2       | 9,9       | 14,1    | 15,5      |
| Příkon  | kW     | 1,6                           | 2,0       | 2,5       | 2,8       | 4,1     | 5,0       |
| Topný faktor při 0 °C / 45 °C                             |        | 3,2                           | 3,3       | 3,3       | 3,5       | 3,4     | 3,1       |
| Vestavěný elektrický kotel                                |        | Jednotaskový 3 nebo 6 kW      |           |           |           |         |           |
| Nominální průtok na studeném okruhu                       | l/s    | 0,3                           | 0,38      | 0,46      | 0,57      | 0,78    | 0,90      |
| Nominální průtok na topném okruhu                         | l/s    | 0,18                          | 0,23      | 0,29      | 0,34      | 0,47    | 0,54      |
| Startovací proud bez seřazení / se seřazením <sup>3</sup> | A      | 27 / 27                       | 33 / 21,4 | 39 / 28,2 | 41 / 30,1 | 67 / 26 | 70 / 28,2 |
| Hladina akustického tlaku Lp v 1 m <sup>4</sup>           | dB (A) | 35                            | 38        | 40        | 36        | 39      | 35        |
| Hmotnost  | kg     | 146                           | 152       | 155       | 170       | 190     | 195       |
| Připojení na studeném okruhu                              | Cu     | 28                            | 28        | 28        | 28        | 35      | 35        |
| Připojení na topném okruhu                                | Cu     | 22                            | 22        | 22        | 22        | 28      | 28        |
| Množství chladiva   | kg     | 1,6                           | 1,6       | 1,8       | 2,4       | 2,3     | 2,3       |
| Chladicí médium   |        | Elektrotermo chladivo R 407 C |           |           |           |         |           |
| Rozměry   | mm     | 800 x 645 x 1500              |           |           |           |         |           |
| Elektrické zapojení                                       |        | 400 V, N3 fáz                 |           |           |           |         |           |
| Kompresor   |        | Mitsubishi Scroll             |           |           |           |         |           |
| Max. vstupní teplota primárního okruhu                    |        | 20 °C                         |           |           |           |         |           |
| Max. výstupní teplota topné vody                          |        | 65 °C                         |           |           |           |         |           |
| Vestavěná regulace  |        | Elektronický PE(G) 1000       |           |           |           |         |           |

1 Při podtlaku + 35 °C na výstupu z tepelného čerpadla a 0 °C na vstupu do tepelného čerpadla (podle EN 14811)  
2 Při podtlaku + 45 °C na výstupu z tepelného čerpadla a 0 °C na vstupu do tepelného čerpadla (podle EN 14811)  
3 Tepelné čerpadlo může obsahovat až 1,6 kg chladiva, výjimkou jsou IVT GREENLINE HE E6  
4 Číslo ISO 15003

Příloha č.2. Schéma TČ

